

# Erkundung von oberflächennahen Strukturen und des Grundwasserhorizontes mit Georadar in der Letzlinger Heide

Blindow, N.; Suckro S. (Uni Münster); Eisenburger, D.; Gundelach, V.; Otto, D. (BGR)

## Das Messgebiet

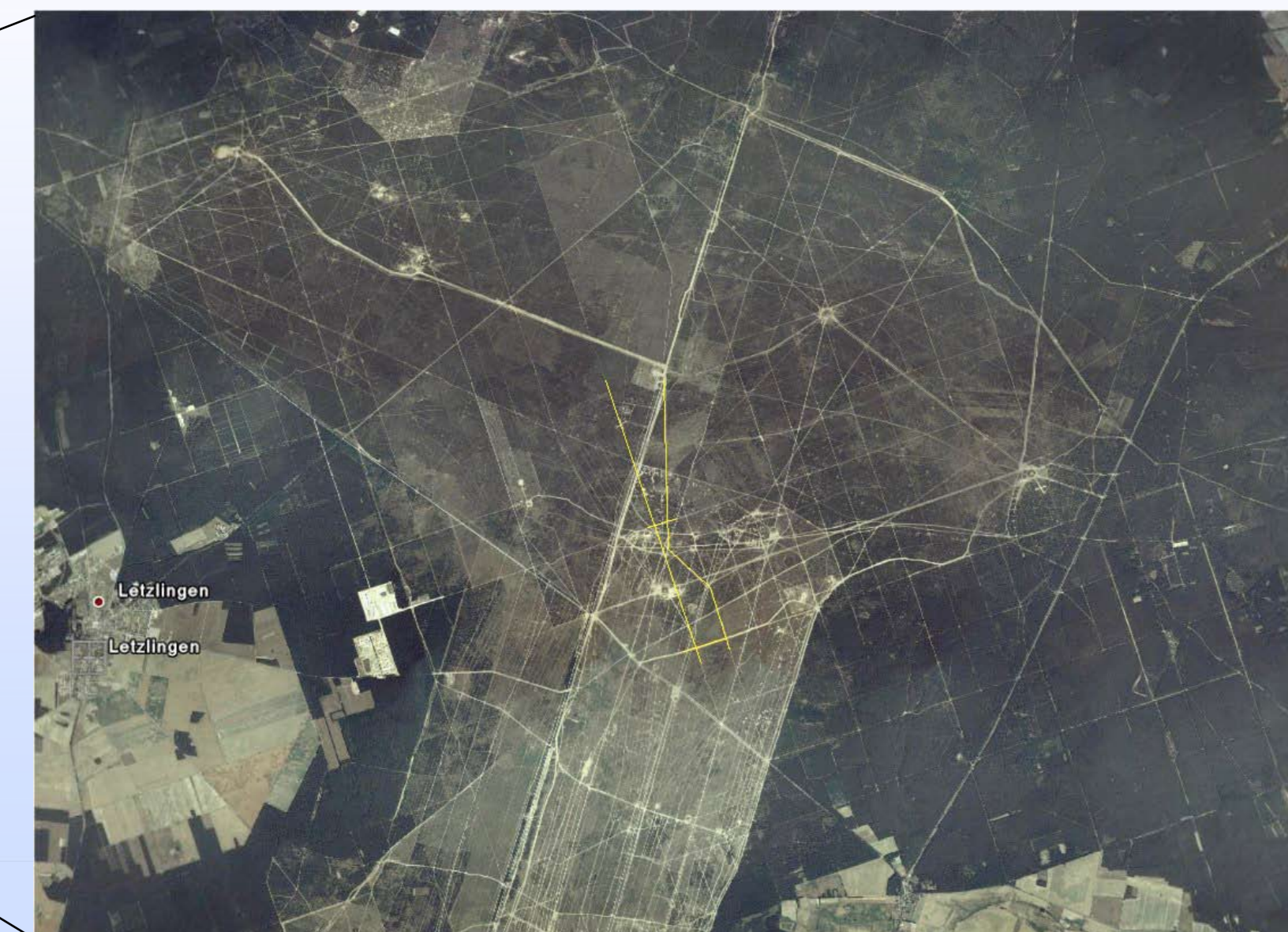


Abb. 1 Übersichtskarte

Abb. 2 Satellitenfoto des Gebietes

Das Messgebiet befindet sich auf dem Truppenübungsplatz Colbitz-Letzlingen der Bundeswehr (Abb. 1), der sich über eine Fläche von ca 800 km<sup>2</sup> erstreckt. Das Gebiet hat einen geringen Baumbestand (Abb. 2), sodass es sich anbietet dort hubschraubergestützte Georadarsysteme zu testen. In Vorbereitung auf diese Tests wurde das Gebiet mit Bodenradarmessungen untersucht. Der Untergrund besteht aus glazialen Sedimenten, die überwiegend aus Sanden bestehen, welche von schluffigen und tonigen Linsen durchzogen werden (Abb. 3).

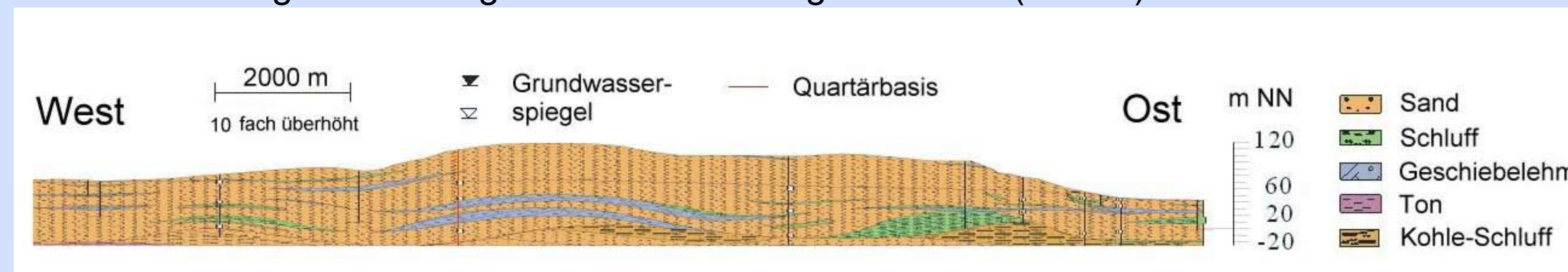


Abb. 3 Geologisches Profil Letzlinger Heide



Abb. 4 Bohrung



Abb. 5 Strukturaufschluß

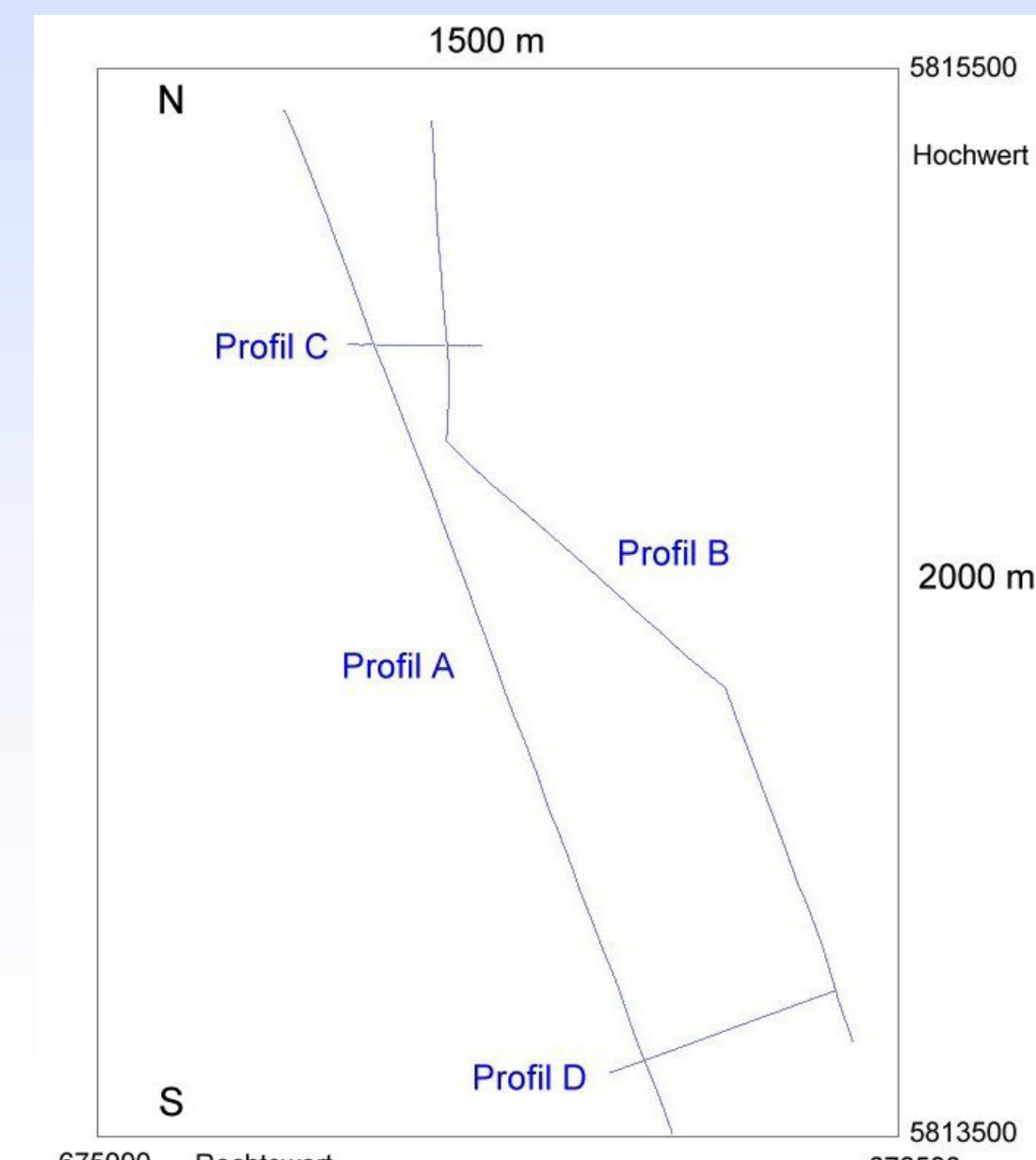


Abb. 6 Lage der Profile der Messungen

Die Geologie kann aus den vorhandenen hydrogeologischen Bohrungen (Abb. 4) nur lokal rekonstruiert werden, da lateral starke Schwankungen auftreten. Die Komplexität der Strukturen wird anhand eines Fotos (Abb. 5) aus einer Sandgrube in der Nähe der Messprofile deutlich. Die Sand- und Toneinlagerungen sind zum Teil stark gestaucht und überfaltet, wie auch die Georadarergebnisse zeigen. Der aus den Bohrungen bekannte Grundwasserspiegel liegt mit ca. 30 bis 48 m unter Geländeoberkante relativ tief.

Die Messprofile wurden entlang von Wegen gemessen. Die Wege bestehen vorrangig aus Sand, sind zum Teil mit Gras bewachsen und an einigen Stellen mit Betonplatten verfestigt. Der Verlauf der Profile ist auf dem Satellitenfoto und den Skizzen in Abb. 6 dargestellt. Die Koordinaten wurden mit Differential GPS eingemessen. Die Profile A und B verlaufen zum Teil parallel von südlicher in nördliche Richtung über einen kleinen Hügel. Die Profile C und D sind quer dazu angelegt. Die Längen der Profile A und B betragen etwa 2 km. Die Querprofile C mit 250 m Länge und D mit 450 m Länge verbinden die Linien. Die Änderung in der Topographie ist mit einigen Metern gering, aber bei der Grundwasserdetektion von Bedeutung. Als Messfrequenzen wurden 200 MHz, 80 MHz, 40 MHz und 25 MHz gewählt. Vollständig vorgestellt werden die Messungen mit den 25 MHz Antennen, incl. CMP-Messungen. Von den anderen Frequenzen werden repräsentative Ausschnitte gezeigt.

## Radargramme der Messungen

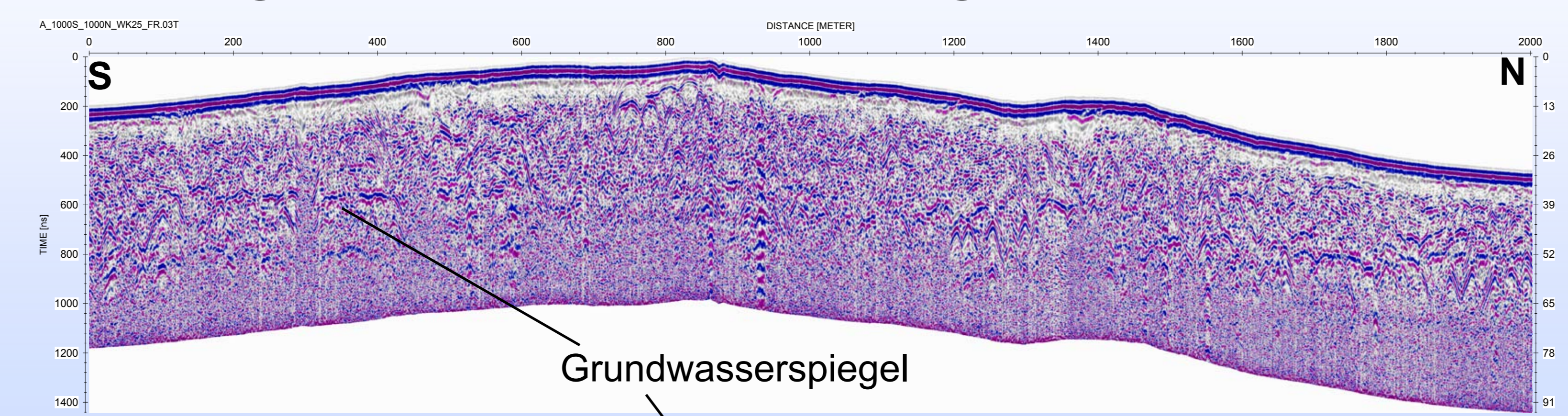


Abb. 7 Profil A (25 MHz)

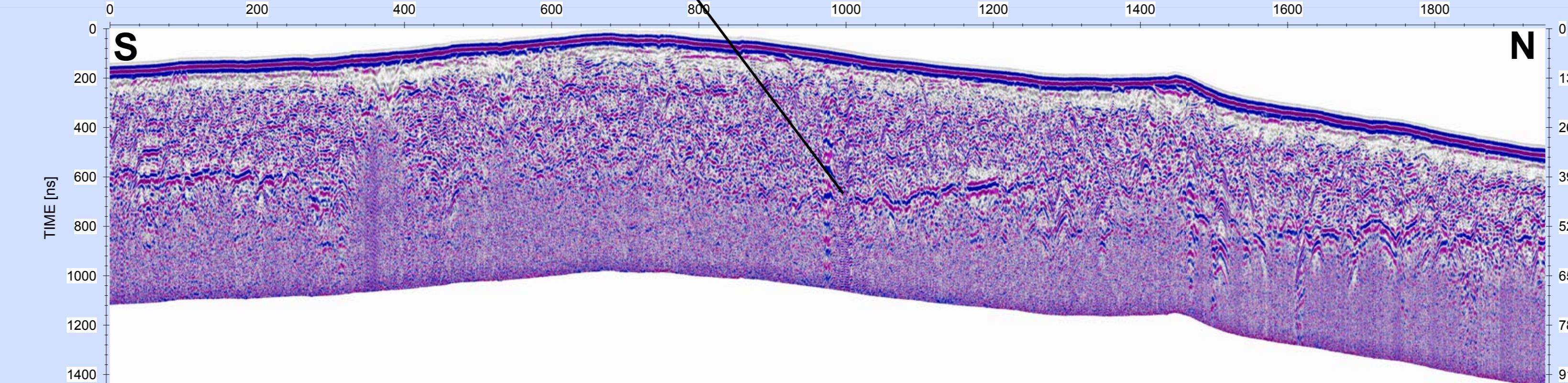


Abb. 8 Profil B (25 MHz)

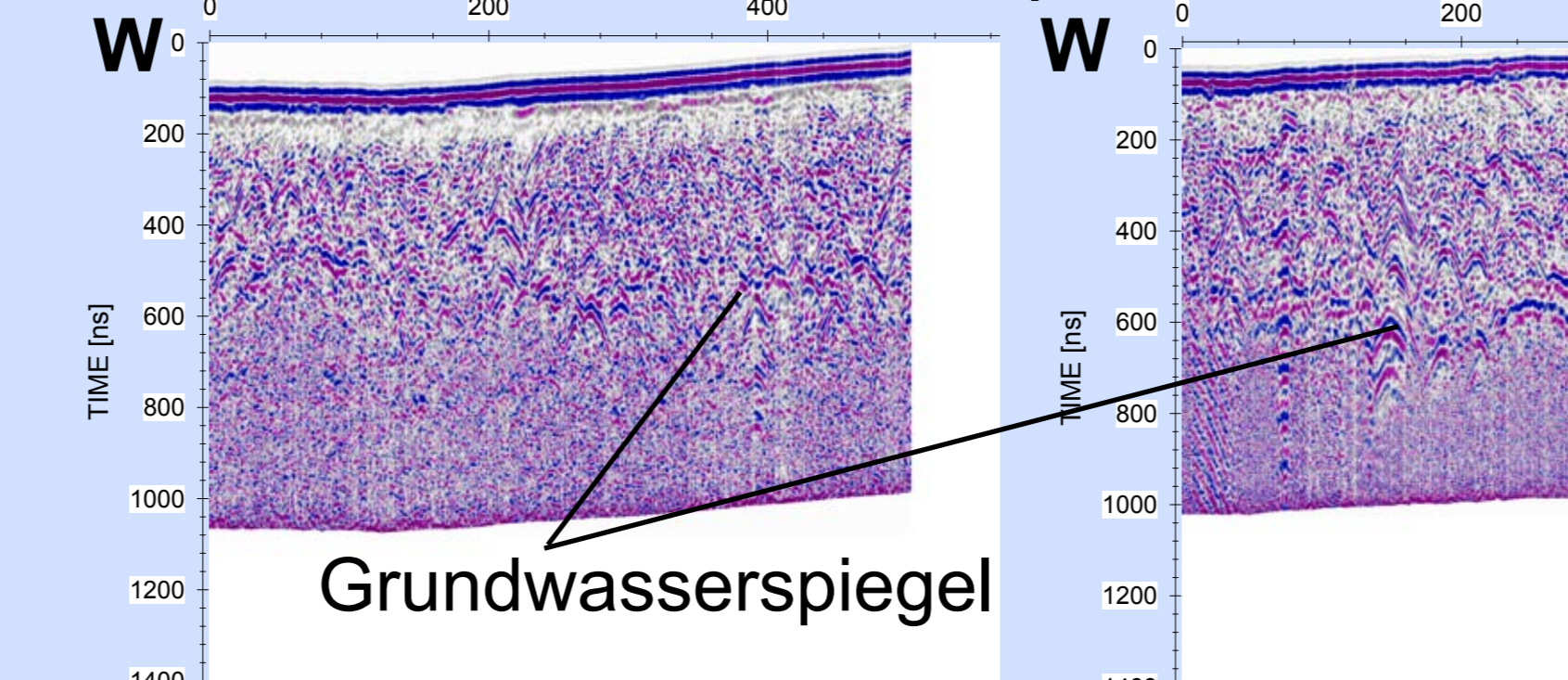


Abb. 9 Profil D (25 MHz)

Abb. 10 Profil C

Die Messungen wurden bis zu einer Laufzeit von 1  $\mu$ s aufgezeichnet. Diese Registrierzeit reicht aus, um bei einer Signalausbreitungsgeschwindigkeit von etwa 130 m/ $\mu$ s über 60 m tief erkunden zu können. Die Radargramme sind in der Tiefendarstellung etwa 5-fach überhöht. Die Amplituden sind mit einem automatic gain der Fensterlänge 150 ns versehen.

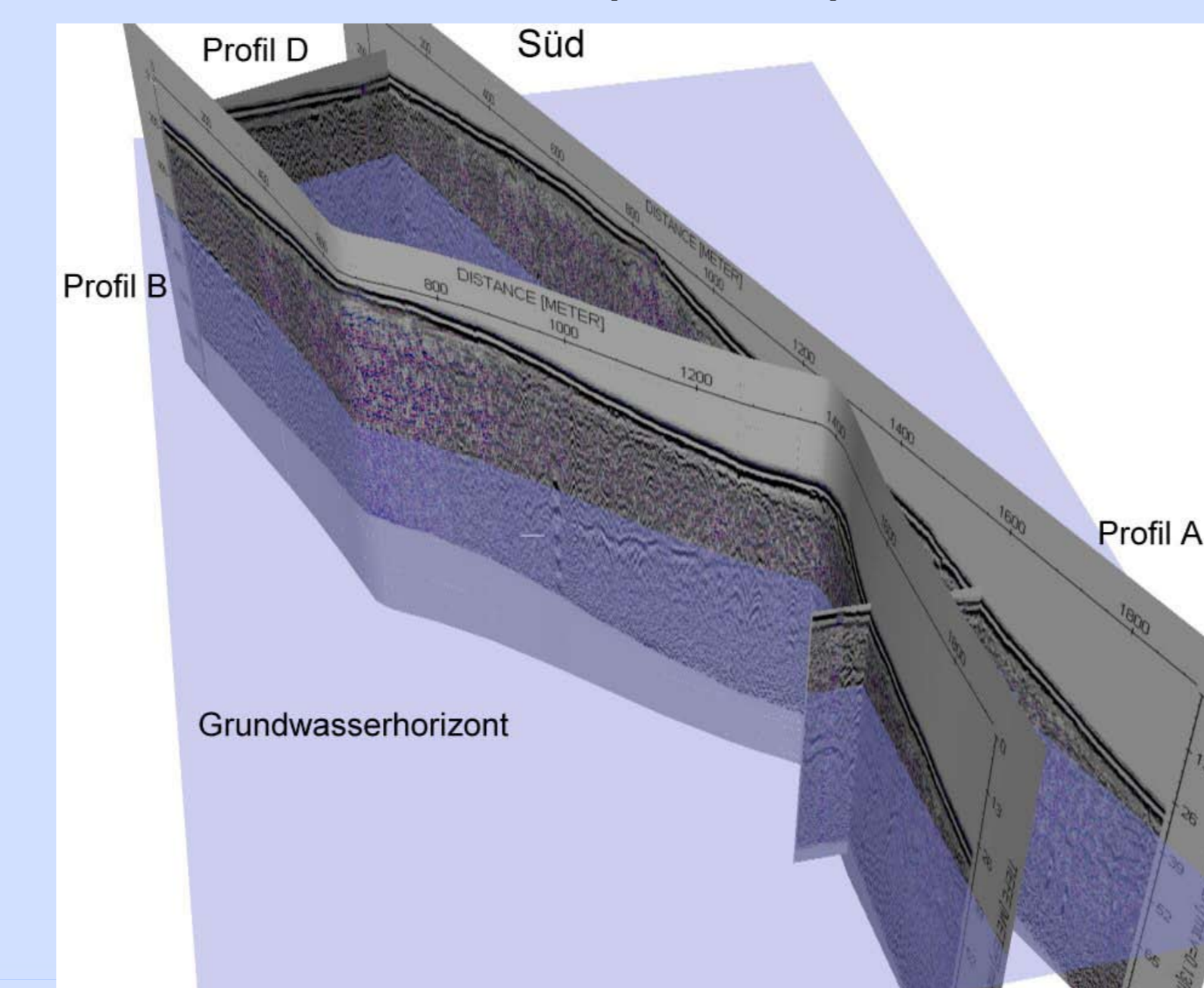


Abb. 11 Perspektivansicht der Radargramme mit 25 MHz

Die Radargramme sind topografisch korrigiert worden. Mit der niedrigen Frequenz von 25 MHz ist eine Reflexion vom Grundwasserspiegel in beiden Profilen A und B über weite Bereiche erfasst (Abb. 7, 8). Die Variabilität der Laufzeit dieser Reflexion ist ein Hinweis auf die Inhomogenität des Untergrunds. Auch in den Querprofilen (Abb. 9, 10) ist der Grundwasserspiegel zu sehen. Zur räumlichen Veranschaulichung ist durch alle Profile eine Ebene als Horizont gezogen worden und in Abb. 11 perspektivisch skizziert.

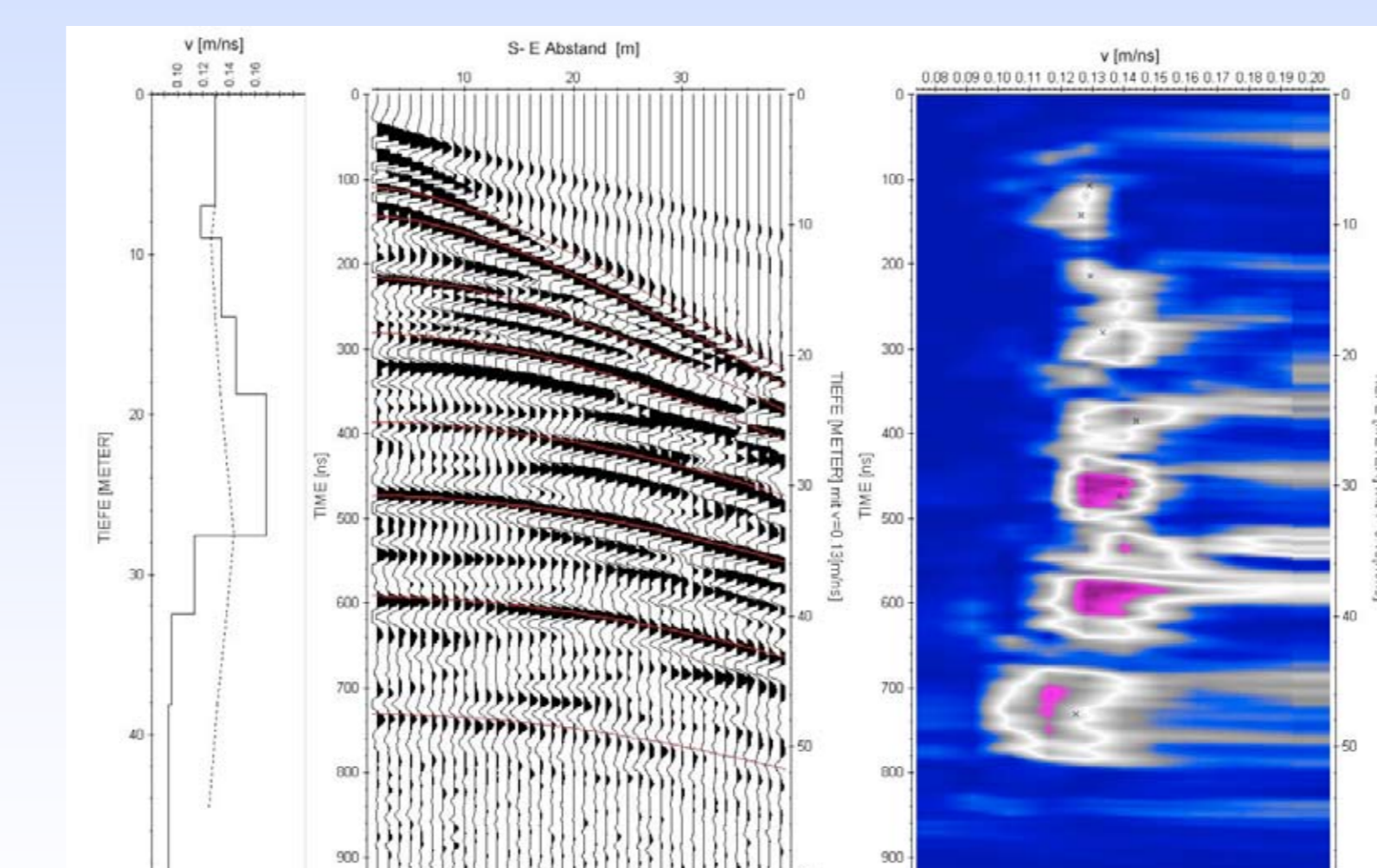


Abb. 12 CMP Messung und Geschwindigkeitsanalyse

Eine common midpoint (CMP) Messung in der Nähe von Profil A bietet die Gelegenheit, ein detailliertes Geschwindigkeitsprofil mit der Tiefe zu erstellen. Die Semblance Analysis (Abb. 12 rechts) weist die bestangepassten Geschwindigkeiten für die Horizonte der CMP-Messung (Abb. 12 Mitte) aus. Aus den angepassten Horizonten kann ein Schichtmodell der Geschwindigkeiten abgeleitet werden (Abb. 12 links). Die Geschwindigkeit nimmt bis zu einer Tiefe von etwa 28 m auf über 160 m/ $\mu$ s zu. Die Tiefe entspricht etwa dem Grundwasserhorizont. Danach fallen die Werte stark ab auf Werte unterhalb 100 m/ $\mu$ s.

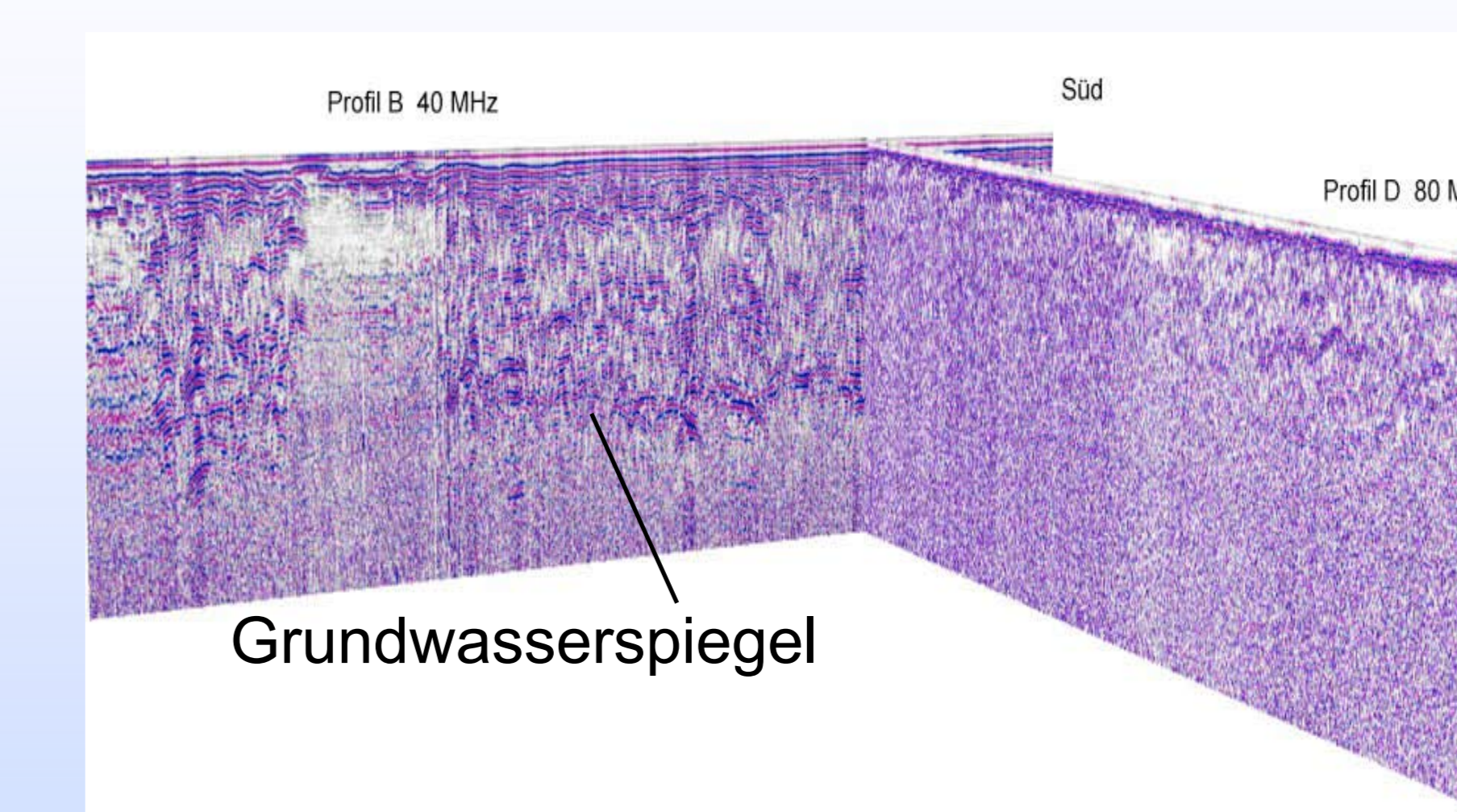


Abb. 13 Vergleich der Frequenzen 40 MHz und 80 MHz

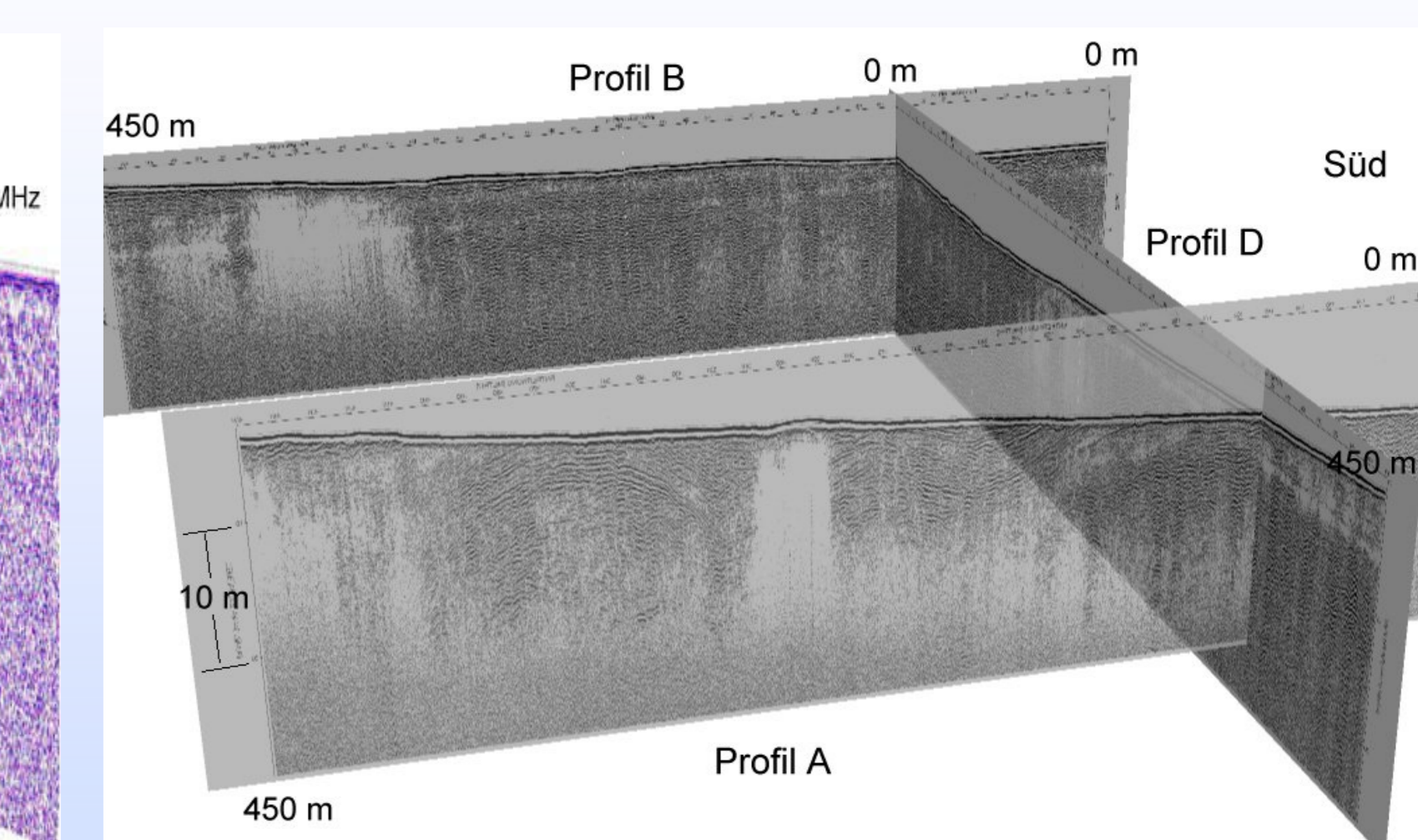


Abb. 14 Perspektivansicht der 200 MHz Profile

Die Messungen mit der 80 MHz Antenne sind bis 800 ns aufgezeichnet worden. Allerdings sind nur bis 200 ns Strukturen erkennbar. Am Kreuzungspunkt der Profile B und D können die Eindringtiefen der Radarsignale verschiedener Frequenzen direkt verglichen werden. Das Radargramm vom Profil B, mit der geringeren Frequenz 40 MHz gemessen, zeigt eine Reflexion vom Grundwasserspiegel. Das mit 80 MHz gemessene, quer verlaufende Profil D erfasst diesen Horizont nicht mehr (Abb. 13). Die Messungen mit der 200 MHz Antenne sind bis etwa 400 ns aufgezeichnet worden. Die perspektivische Zusammenstellung der Profile zeigt zahlreiche oberflächennahe Details im Untergrund (Abb. 14). Der Ausschnitt des Profils A von 0 m im Süden bis 450 m im Norden dokumentiert variable Eindringtiefen des Signals zwischen 1 und 13 m (Abb. 15). Es werden Schichtpakete im Sandboden deutlich, die vermutlich auf Schluff- oder Toneinlagerungen zurückzuführen sind. Es können Bereiche mit unterschiedlich signalabsorbierenden Eigenschaften differenziert werden.

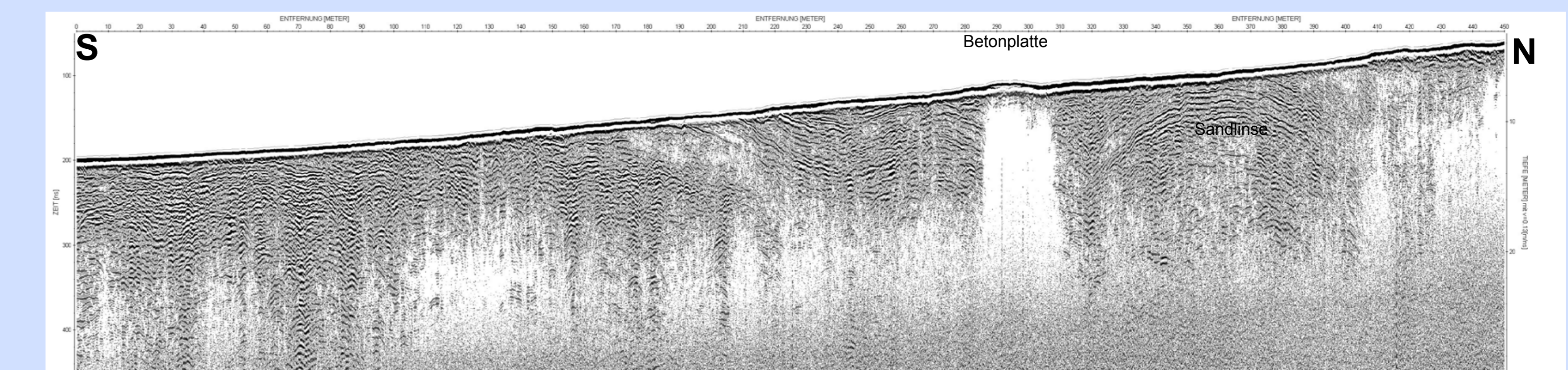


Abb. 15 Teilprofil A (200 MHz) von 0 (S) bis 450 m (N)

## Zusammenfassung

Die Georadmessungen zeigen, dass sich die geologische Struktur komplexer darstellt als sie sich aus den Bohrungen ableiten lässt. Mit den höheren Frequenzen 80 MHz und 200 MHz können oberflächennahe Strukturen bis etwa 15 m Tiefe im sandigen Untergrund nachgewiesen werden. Die Beschaffenheit der oberen Bodenschichten variiert stark. Nur mit den niedrigeren Frequenzen 25 MHz und 40 MHz wird die nötige Eindringtiefe des Radarsignals bis zum tief gelegenen Grundwasserspiegel erreicht. Die Auflösung dieser Messungen reicht allerdings nicht aus für die Erkundung oberflächennaher Strukturen.

## Ausblick

Zur Vervollständigung der Untersuchungen im Messgebiet wurden neben Georadar auch Geoelektrik und SNMR (Surface Nuclear Magnetic Resonance) eingesetzt. Diese drei zerstörungsfreien Verfahren reagieren dabei auf unterschiedliche Bodenparameter wie Leitfähigkeit, Dielektrizität und freier Wassergehalt und können sich bei gemeinsamer Interpretation ergänzen. Besonders die Aussagen über den Grundwasserspiegel und die Wassergehalte im Boden lassen sich optimieren.

Das Gebiet ist als Testfeld für neuentwickelte Georadarhubschraubersysteme vorgesehen. Es haben bereits Flüge mit Pulsradar- und FMCW-Systemen unterschiedlicher Frequenzen statt gefunden. Der Test eines Stepped Frequency Systems steht noch aus. Werden mit den Hubschraubersystemen ähnlich viele Details erfasst wie mit den Messungen am Boden, wird damit die Möglichkeit geschaffen, oberflächennahe geologische Strukturen großflächig zu erkunden.